



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

Offenlegungsschrift

(10) DE 195 34 423 A 1

(51) Int. Cl. 6:

H 02 P 1/46

H 02 P 6/20

DE 195 34 423 A 1

(71) Anmelder:

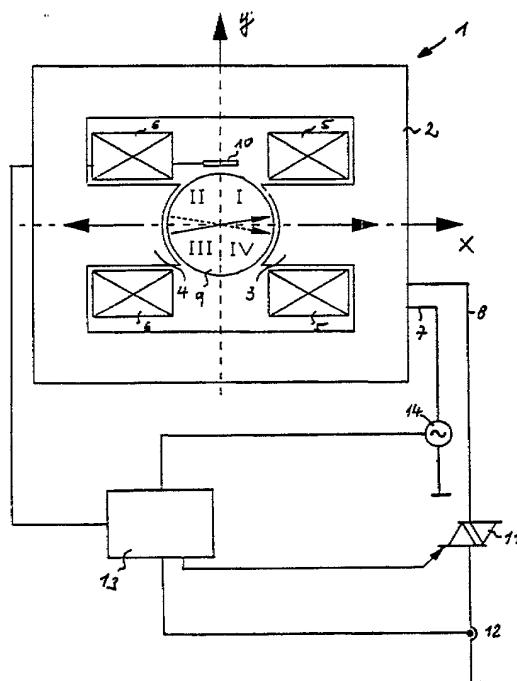
Kunz, Wunnibald, 88045 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(54) Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor

(57) Es wird eine Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor (9), wobei der Einphasensynchronmotor (1) wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Statorwicklung umfaßt, vorgeschlagen, bei der ein Sensor (10) zur Messung des Magnetfeldes des Stators und Mittel zur Phasenanschnittsteuerung (11, 12, 13) vorhanden sind, die die Wechselspannungsquelle abhängig vom Magnetfeldsensorsignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt, wobei die Größe des Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung durch die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung auf einen vorgegebenen Wert begrenzt wird.



DE 195 34 423 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 97 702 012/312

12/24

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Weit verbreitet sind rein passiv betriebene, einphasige Synchronmotoren, die beispielsweise für den Antrieb von Pumpen kleiner Baugröße eingesetzt werden. Diese Synchronmotoren haben einen äußerst einfachen Aufbau und damit einen niedrigen Kostenaufwand. Wegen des schwierigen Anlaufs aufgrund der Massenträgheit der zu bewegenden Bauteile sind diese Motoren in ihrer Leistung auf 30 Watt begrenzt. Daher kommen sie beispielsweise für Umwälzpumpen in Geschirrspülern ohne den Einsatz von zusätzlichen Maßnahmen nicht in Frage.

Eine solche Maßnahme kann beispielsweise eine spezielle Kupplung zwischen Motor und Pumpe sein, wobei auch die Pumpe einen speziellen Aufbau aufweist, jedoch der Anlauf ohne zusätzliche elektronische Hilfsmittel rein passiv erfolgt.

Auch derartige Anordnungen von Synchronmotoren sind in ihrem Leistungsbereich beschränkt. Außerdem ist der Wirkungsgrad stark von der angelegten Spannung abhängig, wodurch der Synchronmotor bei einer bekannten Belastung auch für den ungünstigsten Betriebsspannungsbereich dimensioniert sein muß.

Ebenfalls bekannt sind Synchronmotoren in mehrphasiger Ausführung, bei denen die Rotorstellung durch Sensoren, wie beispielsweise Hallsensoren erfaßt wird und bei denen die Wicklungen des Stators entsprechend der detektierten Rotorstellungen über Halbleiterschalter mit Spannung derart beaufschlagt werden, daß sich ein antreibendes Moment ergibt.

Bekannt sind solche Motoren unter anderem als "elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren". Die Sensoren sind bei elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren so angeordnet, daß diese das vom Statorstrom erzeugte Magnetfeld nicht mitmessen. Üblicherweise geschieht dies durch Verwendung von optischen Sensoren oder durch Verwendung eines Zusatzmagneten, der in einer gewissen Entfernung vom Rotormagneten auf der Rotorwelle befestigt ist und dessen Magnetfeld von den Hallsensoren erfaßt wird.

Bei diesen Motoren wird in der Regel ein Sensor pro Phase verwendet, was eine eindeutige Detektion der Rotorstellung erlaubt. Dabei ist es für den Betrieb erleichternd, daß die Anwendung digitaler Sensoren möglich ist und selbst bei Fehlstellungen der Sensoren einen Betrieb ohne weiteres gewährleistet.

Diese mehrphasigen Synchronmotoren erfordern aber sogenannte Gleichstrom- oder Gleichspannungszwischenkreise und Halbleitervollbrücken, was zu hohen Kosten führt, die bei einem Anwendungsfall, wie beispielsweise einer Umwälzpumpe in einem Geschirrspüler, nicht mehr akzeptiert werden können.

Unabhängig von den Synchronmotoren in mehrphasiger Ausführung besteht bei einphasigen Synchronmotoren mit einem dauer magnetisch erregten Rotor ein weiterer Hauptnachteil darin, daß die Lebensdauer der Motoren verkürzt sein kann, wenn aufgrund von Anlaufproblemen oder Überlastungen im Betriebsfall der Rotor zeitweise mit kaum veränderter Position einem großen entgegengesetzten Statorfeld ausgesetzt ist. Da-

durch kann eine Entmagnetisierung des Rotors auftreten, die den Wirkungsgrad stark herabsetzt und im äußersten Fall zum Ausfall des Motors führt.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung zur Steuerung eines Einphasensynchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor bereitzustellen, die einen sicheren Anlauf und Betrieb des Motors auch bei Bauformen mit hoher Leistung von über 100 Watt gewährleistet, mit einem geringen Kostenaufwand verbunden ist, das Magnetfeld des Stators insbesondere beim Anlauf so weit begrenzt, daß eine Entmagnetisierung des Rotormagneten vermieden werden kann und der Wirkungsgrad im Betrieb auf einem hohen Niveau eingeregelt wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der erfundungsgemäßen Vorrichtung angegeben. Die Erfindung geht von einer Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Synchronmotors mit permanentmagnetischem Rotor aus, wobei der Einphasensynchronmotor wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Statorwicklung umfaßt. Der Kerngedanke liegt nun darin, daß ein Sensor zur Messung des Magnetfelds des Rotors und Mittel zur Phasenanschnittsteuerung vorhanden sind, die die Wechselspannung der Quelle abhängig vom Magnetfeldsensorsignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt. Die Größe des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung soll durch die Phasenanschnittsteuerung auf einen vorgegebenen Wert begrenzt werden. Durch die Strombegrenzung wird erreicht, daß auch das Magnetfeld im Stator keine ungewollt hohen Werte erreicht. Unerwünscht wäre beispielsweise ein Magnetfeld von einer Größe, das in der Lage ist, den permanentmagnetischen Rotor ganz oder teilweise zu entmagnetisieren. Bei der Vorgabe des zulässigen Maximalstromwertes und entsprechend der Größe des maximalen Magnetfeldes ist es vorteilhaft, diese in Abhängigkeit von der Drehzahl des Rotors vorzunehmen. Bei ansteigender Drehzahl ist der permanentmagnetische Rotor während einer immer kürzeren Zeitdauer einem aus Sicht des Rotors großen entgegengesetzten magnetischen Feldvektor des Stators ausgesetzt. Somit ist also die Gefahr einer Entmagnetisierung vermindert, so daß im Vergleich zur Anlaufphase mit niedrigerer Drehzahl ein größeres Magnetfeld und damit ein höherer Strom zugelassen werden kann. Bei Synchrodrehzahl des Motors laufen das erregende

Magnetfeld des Stators und das Magnetfeld des Permanentmagneten synchron mit einem Winkelversatz von bestenfalls 90° , wodurch sich die Problematik der Entmagnetisierung weiter entschärft. In diesem Fall kann allerdings eine Begrenzung des Stromes durch die Statorwicklung auch aus Gründen einer thermischen Überbelastung notwendig sein. Die Realisierung einer Phasenanschnittssteuerung zur Strom- und damit Magnetfeldbegrenzung hat den Vorteil einer besonders preisgünstigen Lösung, da Standardbauteile eingesetzt werden können.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn beim Anlauf des Rotors aus dem Stillstand entsprechend der Polarität des gemessenen Magnetfeldes und der gewünschten

Drehrichtung die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven bzw. negativen Wechselspannungs- halbwelle freigegeben werden. Weiterhin ist es dabei günstig, wenn die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung die Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit zuschalten und die Wechselspannung wieder abschalten, sobald der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist. Damit kann aus dem Verhältnis eines Abschnitts einer Wechselspannungshalbwelle zur vollständigen Wechselspannungshalbwelle die Größe des Stroms durch die Statorwicklung und somit die Größe des Statorwicklungs- magnetfelds festgelegt werden. Auf diese Weise ist es möglich, zunächst mit einem niedrigen Stromniveau zu beginnen, indem die Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung groß gemacht wird, wodurch die unter dem Wechselspannungsabschnitt wirkende Spannungs-Zeitfläche klein bleibt. Die Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung kann nun Schritt für Schritt erhöht werden, wobei der Rotor in eine Pendelbewegung gerät, also immer mehr Bewegungsenergie aufnimmt, da er nur entsprechend der Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen zeitweise mit einem Magnetfeld der Statorwicklung beaufschlagt wird. Das Anpendeln kann so lange fortgesetzt werden, bis der Rotor in der gewünschten Drehrichtung sich über einen Winkel von 90° weitergedreht hat. Dabei wird durch das oben beschriebene Schaltverhältnis der maximale Strom durch die Statorwicklung begrenzt. Es ist somit auf jeden Fall sichergestellt, daß der permanentmagnetische Rotor keinem zu großen entgegengesetzten Magnetfeld der Statorwicklung ausgesetzt ist.

Weiterhin ist es von Vorteil, daß zur Festlegung der Position des Rotormagnetfeldes bei in gewünschter Drehrichtung laufendem Rotor Mittel für eine Echtzeitbestimmung des Betrages und der Steigung aus dem gemessenen Magnetfeldsensorsignal des Rotors vorhanden sind. Durch die Kenntnis der Position des Rotormagnetfeldes lassen sich darauf bezogene, periodisch auftretende Zeitausschnitte für eine Freigabe der Mittel zur Phasenanschnittsteuerung festlegen, wobei die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung wiederum nach einer Verzögerungszeit die Wechselspannung zuschalten und, nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, wieder abschalten. Die Zeitausschnitte sind dabei so zu legen, daß das Magnetfeld des durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen hervorgerufenen Stromes in der Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in Drehrichtung erzeugt. Dabei läßt sich über die Festlegung der Verzögerungszeit bis zum Zuschalten der Wechselspannung das Stromniveau wiederum so einstellen, daß problematische Magnetfeldverhältnisse für den Rotor nicht zustande kommen. Durch das Einführen der Zeitausschnitte kann die erfundungsgemäße Vorrichtung in einfacher Weise an die Induktivität bzw. die Gesamtimpedanz des Synchronmotors angepaßt werden. Die Zeitausschnitte bewirken nämlich, daß der durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen erst mit einer Zeitverzögerung, die durch die Impedanz des Synchronmotors verursacht wird, hervorgerufene Strom kein Magnetfeld erzeugt, das auf den Rotor gegen die Drehrichtung ein Moment ausübt.

Desweiteren ist es besonders günstig, daß die Breite der Zeitausschnitte an die Drehzahl des Rotors angepaßt ist. Auf diese Weise wird verhindert, daß das Magnetfeld des Stators durch den zeitverzögert einsetzenden Strom sich nicht verspätet oder verfrüht aufbaut

und eine bremsende Wirkung auf den Rotor ausübt. Beispielsweise wird bei steigender Drehzahl des Rotors die Zeitspanne, in der das Statormagnetfeld ein in Drehrichtung wirkendes Moment aufzubauen vermag, immer kürzer, weshalb der Zeitbereich für die Initialisierung eines Statormagnetfeldes, also die Breite der Zeitausschnitte, entsprechend verkürzt werden sollte, um ein erneutes Langsamerwerden des Rotors zu verhindern.

- 10 Ebenso ist es besonders günstig, daß bei Synchron- drehzahl des Rotors die periodisch auftretenden Zeitab- schnitte, in denen die Mittel zur Phasenanschnittsteue- rung freigegeben werden und zeitverzögerte Span- nungsabschnitte bereitstellen, bezüglich des Magnet- fieldsensorsignals des Rotors so phasenverschoben sind, daß zwischen dem Magnetfeld des durch die Span- nungsabschnitte hervorgerufenen Stroms in der Stator- wicklung und dem Magnetfeld des Rotors ein Phasen- winkel von $\Phi \sim 90^\circ$ in Drehrichtung auftritt. Indem die
- 15 Feldvektoren des Rotor- und Statormagnetfeldes eine Phasenverschiebung von 90° aufweisen, kann ein maxi- mal möglicher Wirkungsgrad erzielt werden, da bei die- sem Winkel die optimale Momentenübertragung statt- findet. Der hohe Wirkungsgrad bleibt auch dann erhal- ten, wenn Lastschwankungen am Motor auftreten oder Änderungen der Betriebsspannung vorhanden sind, da die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung den gewünsch- ten Winkel von 90° ständig nachregeln.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Phasenwinkel zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld der Stator- wicklung aus dem Verlauf des Stromes durch die Stator- wicklung und aus dem Verlauf des Magnetfieldsensorsignals des Rotors gewonnen. Dazu werden die zeitlichen Abstände der Extrema der beiden Signalverläufe verglichen, wobei die räumliche Anordnung des Sensors am Rotor zu berücksichtigen ist. Das Verwenden der Signalverlaufextrema hat gegenüber einer Methode, die beispielsweise die Nulldurchgänge der Signale detek- tiert, den Vorteil, daß der Offset eines Sensors zur Mag- netfeldmessung keine Fehlbestimmung herbeiführt und der zeitliche Schwerpunkt der Strom-Zeitfläche er- faßt wird, der neben der Höhe für das mittlere Moment maßgebend ist.

- 30 35 40 45 Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn der Sensor zur Messung des Rotormagnetfeldes ein Hallsensor ist, da Hallsensoren preisgünstig erhältlich sind.

Weiterhin ist es günstig, wenn der Hallsensor interfe- renzfrei zum Feld der wenigsten einen Statorwicklung 50 angeordnet ist. Auf diese Weise wird eine Fehlmessung ausgeschlossen und nur das Feld des Rotors bestimmt.

- 55 Ebenso kann es von Vorteil sein, wenn die Magnet- fieldlinien des Rotors über Flußleitbleche zum Hallsen- sor geführt werden. Dadurch muß der Hallsensor nicht unmittelbar an den Rotormagneten angebracht werden, sondern kann in gewissem Abstand dazu angeordnet sein und dennoch ein ausreichendes Magnetfeld emp- fangen.

Ebenso kann es vorteilhaft sein, wenn der Sensor be- liebig angeordnet ist und das Übersprechen des Mag- netfeldes der Statorwicklung durch den Verlauf des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung her- ausgerechnet wird. Auf diese Weise kann Konstruktionsvorgaben Rechnung getragen werden, die dazu führen, daß der Hallsensor nicht an einer zum Statorma- gnetfeld interferenzfreien Stelle angeordnet werden kann.

Außerdem ist es bevorzugt wenn die Mittel zur Pha-

senanschnittsteuerung eine Elektronikeinheit, einen Halbleiterschalter, wie z. B. einen Triac und eine Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung umfassen. Weiterhin ist es günstig, wenn die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung einen Shunt beinhaltet. Auf diese Weise werden zur Realisierung der Phasenanschnittsteuerung nur Standardbauteile verwendet, was die Herstellungskosten niedrig hält.

Desweiteren ist es von besonderem Vorteil wenn die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung einen Hallsensor beinhaltet. Damit kann die Strommessung potentialfrei durchgeführt werden, was für manche untengenannte Anwendungsfälle notwendig ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Elektronikeinheit zur Ansteuerung des Halbleiterschalters, zur Verarbeitung des Magnetfeldsensorsignals des Rotors sowie des Signals der Einheit zur Messung des Stromes und zur Verarbeitung des Signalverlaufes der Wechselspannungsquelle ausgelegt ist. Damit erfaßt die Elektronikeinheit alle zur Steuerung der erfundungsgemäßen Vorrichtung notwendigen Parameter.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung ist die Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems. Auf diese Weise lassen sich Herstellungskosten für die Steuerung eines Einphasensynchronmotors erheblich senken, wenn in einem motorisch betriebenen Haushaltsgerät, z. B. einer Waschmaschine oder einem Geschirrspüler, ein ohnehin vorhandener Mikroprozessor, der nicht voll ausgenutzt ist, für diese Aufgabe eingesetzt wird.

Schließlich bringt es Vorteile, wenn das Magnetfeldsensorsignal des Rotors, das Signal zur Einheit der Messung des Stromes und das für die Elektronikeinheit zur Verfügung stehende Signal der Wechselspannungsquelle potentialfrei erfaßt und das Signal zur Ansteuerung der Halbleiter potentialfrei geschaltet ist. Dies ist insbesondere dann nötig, wenn als Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems ausgenutzt wird, um damit Querströme aufgrund unterschiedlicher Betriebsspannungsniveaus zu vermeiden, und vor allem den erforderlichen Schutz gegen elektrische Schläge zu gewährleisten.

Zeichnungen

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung unter Angabe weiterer Vorteile und Einzelheiten näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine erfundungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit einem Einphasensynchronmotor, der einen permanentmagnetischen Rotor besitzt, in einer schematischen Ansicht,

Fig. 2a und **Fig. 2b** den Einphasensynchronmotor mit Stator und permanentmagnetischem Rotor in der Vorderansicht und in der Draufsicht mit schematisch ange deutetem Feldlinienverlauf,

Fig. 3 einen Einphasensynchronmotor mit permanentmagnetischem Rotor in der geschnittenen Seitenansicht und mit schematisch dargestellten Feldlinien,

Fig. 4 den zeitlichen Verlauf eines Hallsensorsignals als Magnetfeldsensorsignal eines Rotors und

Fig. 5 das Sensorsignal aus **Fig. 4** mit angedeutetem Offsetbereich.

In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel der erfundungs-

gemäßen Vorrichtung zur Steuerung eines Einphasensynchronmotors und ein Einphasensynchronmotor mit permanentmagnetischem Rotor dargestellt. Der Einphasensynchronmotor 1 umfaßt einen Stator 2 auf dessen beiden Polen 3, 4 zwei Spulen 5, 6 sitzen, die in Reihe geschaltet die Statorwicklung bilden und die Anschlußleitungen 7, 8 besitzen sowie einen permanentmagnetischen Rotor 9 mit Nord- und Südpol, dessen stromlose Einrastlage durch den ausgezogenen Pfeil dargestellt ist.

10 Durch verschiedene Maßnahmen kann die Einrastlage wie in **Fig. 1** gezeigt um wenige Winkelgrade von der idealen horizontalen Lage, die durch die X-Achse des in **Fig. 1** eingezeichneten Koordinatensystems verdeutlicht ist, abweichen. Die erfundungsgemäße Vorrichtung

15 zur Steuerung des Synchronmotors beinhaltet einen Hallsensor 10 einen Halbleiterschalter 11, wie beispielsweise einen Triac, eine Einheit 12 zur Messung des Stromes durch die Wicklung 5, 6 des Stators 2, wie z. B. einen Shunt oder ein weiterer Hallsensor, sowie eine Elektronikeinheit 13 zur Ansteuerung des Halbleiterschalters 11.

20 Die Elektronikeinheit 13 realisiert eine Phasenanschnittsteuerung. Deren Regelparameter zur Ansteuerung des Halbleiterschalters 11 sind die Verläufe der Signale des Hallsensors 10 und der Einheit zur Messung des Stromes 12 durch die Wicklung 5, 6 des Stators 2 sowie der Verlauf des Signals der Wechselspannungsquelle 14. Die Wechselspannungsquelle 14, die Statorwicklung 5, 6 mit den Anschlußleitungen 7, 8, der Halbleiterschalter 11 sowie die Einheit zur Messung des Stromes 12 sind in Reihe geschaltet.

25 Der Position des Hallsensors 10 kommt eine besondere Bedeutung zu. Im Ausführungsbeispiel ist der Sensor 10 so angeordnet, daß er lediglich das Rotorfeld aber nicht das Feld der Statorwicklung mißt. Der Feldverlauf

30 für die in **Fig. 1** dargestellte Anordnung ist in den **Fig. 2a** und **2b** nochmals schematisch aufgezeigt. **Fig. 2a** zeigt einen Ausschnitt des Feldverlaufs zwischen den Polen 3, 4 des Stators 2. **Fig. 2b** veranschaulicht den Feldverlauf des Rotors durch einige schematisch dargestellte Feldlinien.

35 In beiden Figuren ist der Hallsensor 10 mit seiner empfindlichen Achse 15 eingezeichnet. Lediglich Feldkomponenten, die parallel zur empfindlichen Achse 15 verlaufen, erzeugen ein Hallsensorsignal. Wie in **Fig. 2a** ersichtlich ist, besitzen die Feldlinien zwischen den Polen des Stators 2 im Bereich des Hallsensors keine Komponente, die parallel zur empfindlichen Achse 15 verläuft. Daher wird das Statorfeld nicht mitgemessen. Dagegen besitzen die Feldlinien des Rotors an der Position des Hallsensors fast ausschließlich Feldkomponenten,

40 die parallel zur empfindlichen Achse 15 stehen und werden daher vom Hallsensor voll erfaßt. **Fig. 3** zeigt eine weitere Positionsmöglichkeit des Hallsensors, die eine interferenzfreie Messung des Rotorfeldes gewährleistet. Die in **Fig. 3** eingezeichnete Position des Hallsensors 10 kann außerdem den Vorteil haben, daß der Hallsensor auf einer Leiterplatte integriert in einfacher Weise in diese Position gebracht werden kann.

45 **Fig. 4** zeigt das Signal des Hallsensors über der Zeitachse t aufgetragen. Das Signal ist sinusförmig, wobei die Position des Rotors nur eindeutig bestimmt werden kann, wenn neben dem Vorzeichen und dem Betrag des Signals auch die Steigung an einem bestimmten Punkt ermittelt wird. Beispielsweise gibt es für einen Betrag von 0,5 (beliebige Einheiten) mit positivem Vorzeichen 2

50 Punkte 16 und 17, die jedoch eine positive und negative Steigung aufweisen.

55 **Fig. 5** demonstriert ein Problem von Hallsensoren in einer günstigen Preiskategorie, die einen Offset aufwei-

sen, der das Signal im Bereich b verschieben kann, so daß insbesondere in der Gegend eines Nulldurchgangs (Meßpunkt 18) eine Unsicherheit über das tatsächliche Vorzeichen des gemessenen Hallsensorsignals besteht. Die Drehrichtung des Rotors kann gar nicht erfaßt werden.

Funktionsweise der erfundungsgemäßen Vorrichtung

Befindet sich der Rotor 9 im Stillstand und sind die Spulen 5, 6 unbestromt, weist der Rotor 9 eine Rastlage auf, die um wenige Grade von der X-Richtung des Koordinatensystems abweicht. Dies ist durch verschiedene Maßnahmen, die hier nicht im einzelnen erläutert werden sollen, möglich. Es sei vorausgesetzt, daß der Hall-sensor 10 ein positives Signal sendet, wenn die Pfeilspitze des durchgezogenen Pfeiles, der die Lage des Nord- und Südpols des Permanentmagneten symbolisiert, sich im ersten und zweiten Quadranten befindet, wohingehend ein negatives Signal abgegeben wird, wenn die Pfeilspitze auf den dritten oder vierten Quadranten des Koordinatensystems zeigt. Weiterhin soll angenommen werden, daß ein positiver Strom einen in X-Richtung zeigenden Feldvektor des Statorfeldes erzeugt, ein negativer Strom einen entsprechend entgegengesetzten Feldvektor. Um den Rotor 9 im Uhrzeigersinn anlaufen zu lassen wird die Elektronikeinheit 13 der Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven Wechselspannungshalbwelle freigegeben, die einen positiven Strom treibt, der wiederum ein magnetisches Feld in den Spulen 5, 6 erzeugt, dessen Feldvektor in die positive X-Richtung zeigt und auf den Rotor im Uhrzeigersinn ein Moment ausübt. Durch eine vorgegebene Verzögerungszeit schaltet die Elektronikeinheit 13 über den Halbleiter-schalter 11 nicht die vollständige positive Wechselspannungshalbwelle durch, sondern lediglich einen Abschnitt der Wechselspannungshalbwelle, der nach der vorgegebenen Verzögerungszeit noch verbleibt. (Vorausgesetzt sei hier, daß die Spannung durch den Halbleiter-schalter abgeschaltet wird, sobald der durch die Spannung ge-triebene Strom auf Null abgefallen ist.) Dieser Abschnitt der Wechselspannungshalbwelle wird somit einen geringeren Strom und ein geringeres Feld erzeugen als die volle Halbwelle. Durch das Moment im Uhrzeigersinn wird sich der Rotor beispielsweise in die gestrichelte Pfeilstellung bewegen. Durch Wiederholen dieses Vor-gangs und durch Erhöhen des Spulenstroms mittels Ver-kürzen der Verzögerungszeit wird eine Pendelbewe-gung verursacht, die den Rotor nach kurzer Zeit um einen Winkel von $> 90^\circ$ im Uhrzeigersinn weiterdreht. Bei einem derartigen Anlauf kann der Maximalstrom begrenzt werden, so daß die Feldanteile in entgegengesetzter Feldrichtung zum Permanentmagneten des Ro-tors 9 diesen nicht entmagnetisieren können.

Beginnt sich nun der Rotor durch diese Anlaufproze-dur langsam im Uhrzeigersinn zu drehen, wird mit Hilfe des Hallsensors die Position des Magnetfeldes des Ro-tors bestimmt, indem aus dem Hallsensorsignal der Be-trag, das Vorzeichen und die Steigung berechnet wer-den. In Bezug auf die Position des Magnetfeldes des Ro-tors werden nun Zeitausschnitte festgelegt, in denen die Elektronikeinheit 13 eine Freigabe des Halbleiter-schalters vornimmt und nach einer Zeitverzögerung diesen wiederum durchschaltet, so daß Abschnitte von Wechselspannungshalbwellen entstehen, die einen Strom in der Statorwicklung hervorrufen, dessen Feld ein Moment auf den Rotor in der gewünschten Dreh-richtung, also im Uhrzeigersinn, erzeugt. Beispielsweise

wird in einem Bereich von -20% bis $+90\%$ des maxi-malen Amplitudenwertes des Hallsensorsignals und bei positi-ve Steigung (der Rotor befindet sich bei einer Drehung im Uhrzeigersinn beim Übergang vom dritten in den vierten Quadranten) die Elektronikeinheit den Halbleiter-schalter für eine positive Spannungshalbwelle freigegeben und diese nach einer vorgegebenen Verzöge-rungszeit durchschalten. Damit liegt ein Abschnitt einer positiven Wechselspannungshalbwelle an der Wicklung des Stators, die einen positiven Strom treibt und ein Feld mit einem mittleren Feldvektor in positi-Ver X-Richtung im Stator erzeugt. Durch die vorgegebene Verzögerungszeit und durch die Zeitkonstante bis zum Stromaufbau, die durch die Induktivität und den Wirk-widerstand der Statorwicklung bestimmt wird, baut sich das Statorfeld erst dann auf, wenn der Rotor sich in den zweiten oder den ersten Quadranten des Koordinaten-systems weiterbewegt hat, womit ein Moment in Dreh-richtung auf den Rotor ausgeübt wird. Beginnt sich der Rotor dadurch schneller zu drehen, müssen die Zeitab-schnitte, in denen die Elektronikeinheit den Halbleiter-schalter 11 freigibt, verkürzt werden, damit der Feldauf-bau rechtzeitig erfolgt, bevor der Rotor sich in den nachfolgenden Quadranten weitergedreht hat.

Ist der Rotor auf diese Weise auf synchrone Drehzahl beschleunigt worden, bestimmt die Elektronikeinheit den Phasenwinkel zwischen Statorfeld und Rotorfeld aus dem Verlauf des Stromes durch die Statorwicklung und aus dem Magnetfeldsensorsignal des Rotors unter Berücksichtigung der räumlichen Anordnung des Hallsensors am Rotor. Die Zeitabschnitte werden dann der-
art bezüglich des Magnetfeldsensorsignals des Rotors phasenverschoben, daß zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld des Stators ein Winkel von 90° in Drehrichtung auftritt. Durch diese Konstellation der Feldvektoren ergibt sich der größte Wirkungsgrad. Im Betriebsfall wird der Winkel zwischen Statorfeld und Rotorfeld von 90° immer nachgeregelt, so daß weiterhin auch bei Lastschwankungen oder Veränderungen der Betriebsspannung der hohe Wirkungsgrad beibehalten wird. In Abhängigkeit von der mittleren Belastung des Motors wird über die Zeitverzögerung bis zum Durch-schalten des Halbleiter-schalters nach seiner Freigabe das Stromniveau eingestellt.

45

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung des Anlaufs und des Betriebs eines Einphasensynchronmotors mit per-manentmagnetischem Rotor (9), wobei der Einphasensynchronmotor (1) wenigstens eine in Reihe zu einer Wechselspannungsquelle geschaltete Stator-wicklung (5, 6) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor (10) zur Messung des Magnetfeldes des Rotors und Mittel zur Phasenanschnittsteue-rung (11, 12, 13) vorhanden sind, die die Wechselspannungsquelle (14) abhängig vom Magnetfeld-sensorsignal derart schalten, daß ein Magnetfeld des durch die Spannung hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Mo-ment auf den Rotor in der gewünschten Drehrich-tung erzeugt, wobei die Größe des Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung durch die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung auf einen vorge-gaben Wert begrenzbar ist.

60

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-zeichnet, daß beim Anlauf des Rotors aus dem Still-stand entsprechend der Polarität des gemessenen

Magnetfeldes und der gewünschten Drehrichtung die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung bei einer positiven bzw. negativen Wechselspannungshalbwelle freigegeben sind und die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung für das Zuschalten der Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit und für das Abschalten der Wechselspannung nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, ausgelegt sind, wobei das Verhältnis eines Abschnitts einer Wechselspannungshalbwelle zur vollständigen Wechselspannungshalbwelle die Größe des Stroms durch die Statorwicklung und somit die Größe des Statorwicklungsmagnetfeldes bestimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Festlegung der Position des Rotormagnetfeldes bei in gewünschter Drehrichtung laufendem Rotor Mittel für eine Echtzeitbestimmung des Betrages und der Steigung aus dem gemessenen Magnetfeldsensorsignal des Rotors vorhanden sind, wobei mittels der Position des Rotormagnetfeldes darauf bezogene, periodisch auftretende Zeitausschnitte für eine Freigabe der Mittel zur Phasenanschnittsteuerung festlegbar sind und die freigegebenen Mittel zur Phasenanschnittsteuerung für das Zuschalten der Wechselspannung nach Ablauf einer Verzögerungszeit und für das Abschalten der Wechselspannung nachdem der durch die Wechselspannung getriebene Strom auf Null abgefallen ist, ausgelegt sind, so daß das Magnetfeld des durch die Abschnitte der Wechselspannungshalbwellen hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung ein Moment auf den Rotor in der gewünschten Drehrichtung erzeugt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Zeitausschnitte an die Drehzahl des Rotors angepaßt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Synchrongehzahl des Rotors die periodisch auftretenden Zeitabschnitte, in denen die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung freigegeben sind und zeitverzögerte Spannungsabschnitte bereitstellen, bezüglich des Magnetfeldsensorsignals des Rotors so phasenverschoben sind, daß zwischen dem Magnetfeld des durch die Spannungsabschnitte hervorgerufenen Stromes in der wenigstens einen Statorwicklung und dem Magnetfeld des Rotors ein Phasenwinkel von $\Phi \sim 90^\circ$ in Drehrichtung auftritt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenwinkel zwischen dem Magnetfeld des Rotors und dem Magnetfeld der Statorwicklung aus dem Verlauf des Stromes durch die Statorwicklung und aus dem Magnetfeldsensorsignal des Rotors durch Vergleichen des zeitlichen Abstandes der Extrema der beiden Signalverläufe unter Berücksichtigung der räumlichen Anordnung des Sensors am Rotor bestimmbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensor zur Messung des Rotormagnetfeldverlaufes ein Hallsensor (10) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Hallsensor (10) interferenzfrei zum Feld der wenigstens einen Statorwicklung (5, 6) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch

gekennzeichnet, daß die Magnetfeldlinien des Rotors über Flußleitbleche zum Hallsensor geführt sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hallsensor beliebig angeordnet ist und das Übersprechen des Statorwicklungsfeldes durch den Verlauf des Statorwicklungsstromes herausrechenbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Phasenanschnittsteuerung eine Elektronikeinheit (13), einen Halbleiterschalter (11) und eine Einheit zur Messung des Stromes (12) durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) umfassen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit zur Messung des Stromes (12) durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) einen Shunt umfaßt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit zur Messung des Stromes durch die wenigstens eine Statorwicklung (5, 6) einen Hallsensor beinhaltet.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronikeinheit zur Ansteuerung des Halbleiterschalters (11), zur Verarbeitung des Magnetfeldsensorsignals des Rotors sowie des Signals der Einheit zur Messung des Stromes (12) und zur Verarbeitung des Signalverlaufs der Wechselspannungsquelle (14) ausgelegt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 11, 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronikeinheit der ungenutzte Teil der Elektronikeinheit eines anderen Systems ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetfeldsensorsignal des Rotors, das Signal der Einheit zur Messung des Stromes und das für die Elektronikeinheit zur Verfügung stehende Signal der Wechselspannungsquelle potentialfrei zur Netzspannung erfaßt bzw. geschaltet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

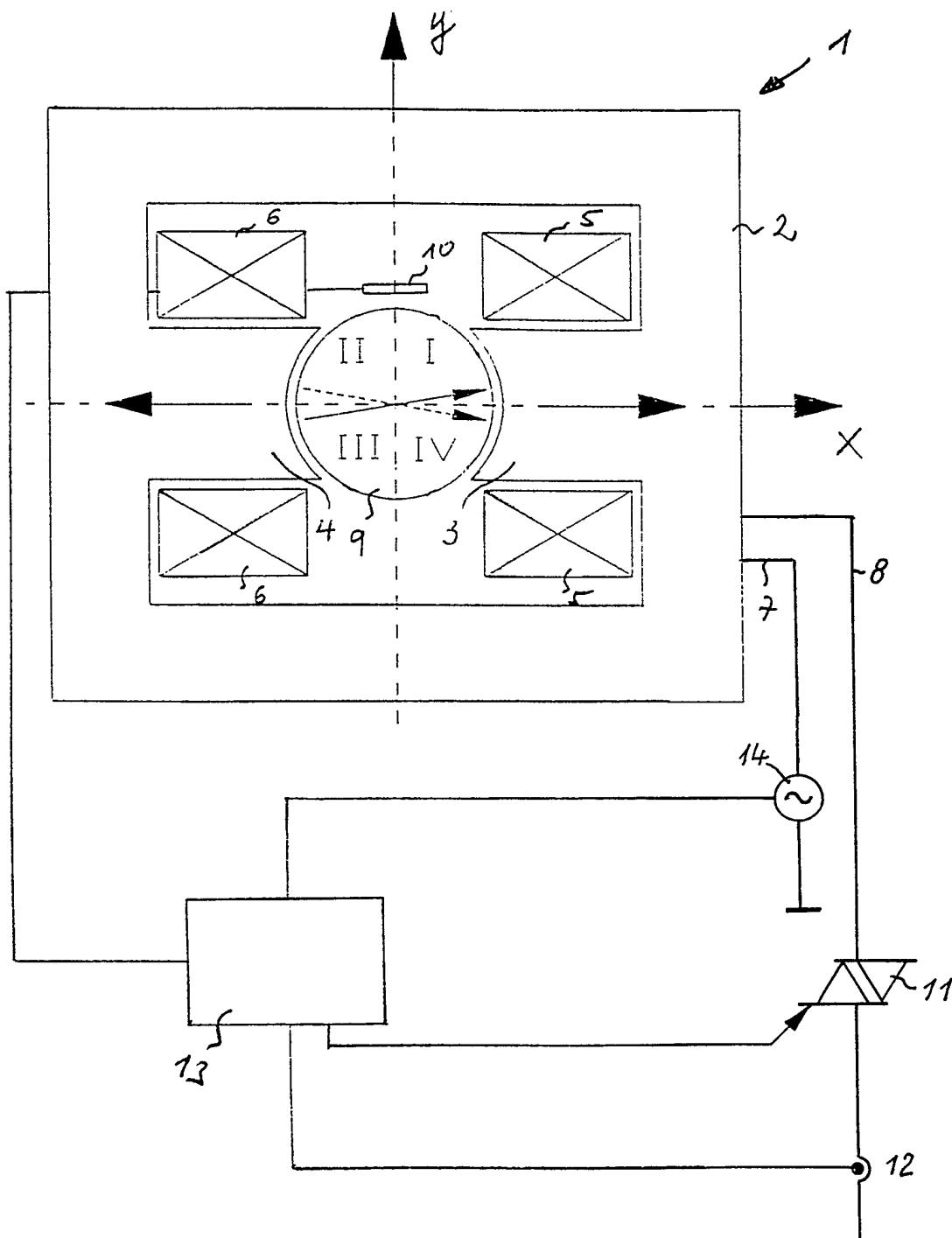


Fig. 1

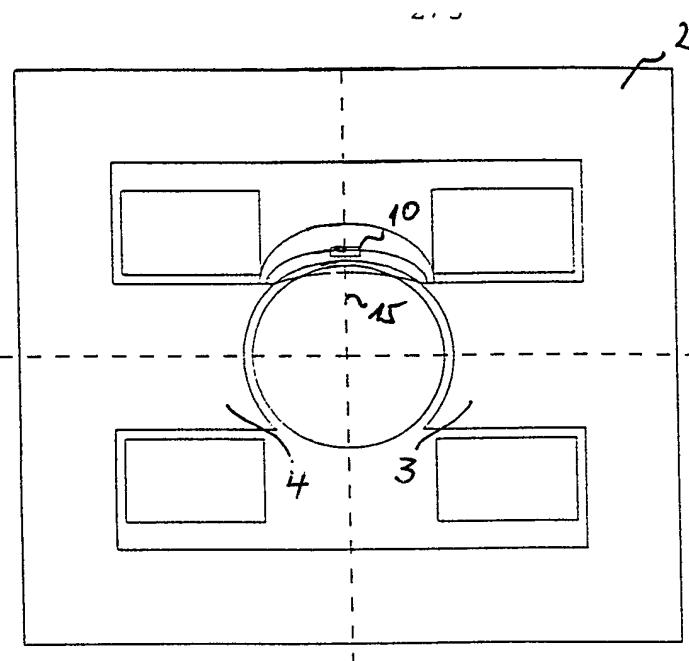


Fig. 2a

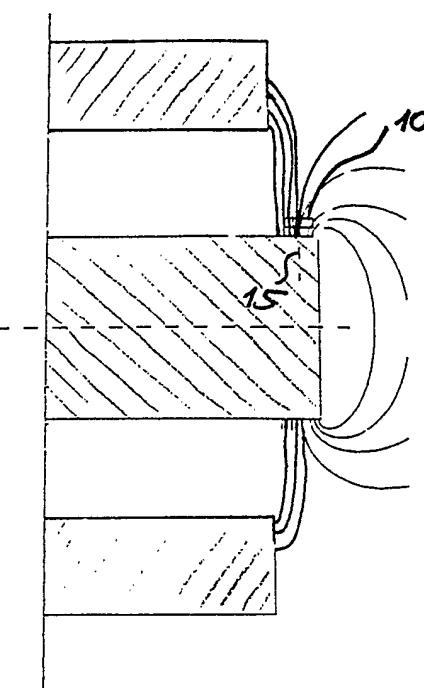


Fig. 2b

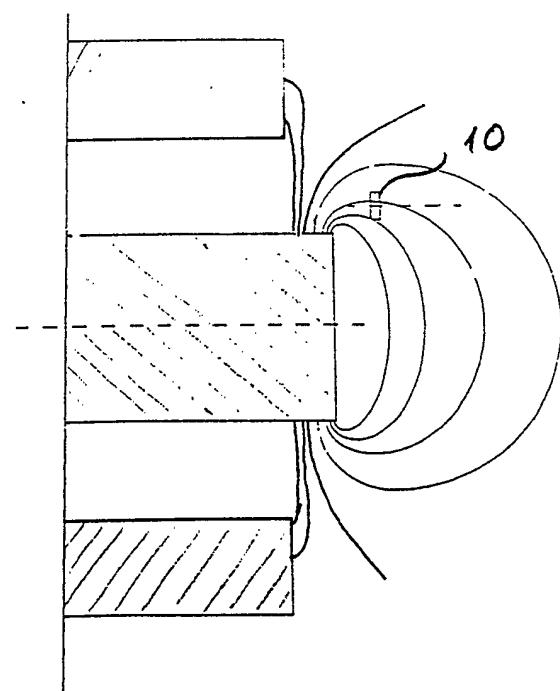


Fig. 3

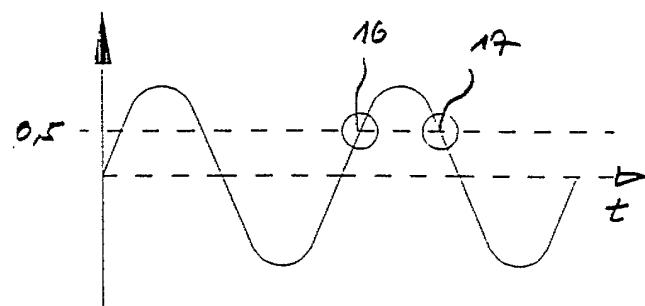


Fig. 4

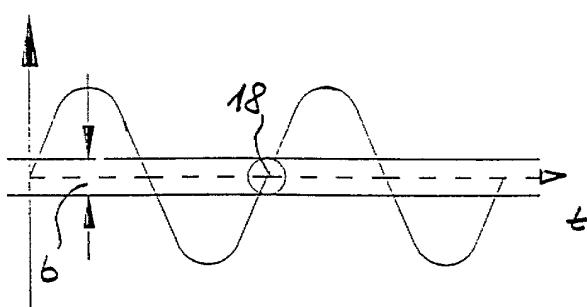


Fig. 5

PUB-NO: DE019534423A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19534423 A1
TITLE: Starting and running control device e.g.
for single-phase electric pump motor
with permanent magnet rotor
PUBN-DATE: March 20, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUNZ, WUNNIBALD	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUNZ WUNNIBALD	DE

APPL-NO: DE19534423
APPL-DATE: September 16, 1995

PRIORITY-DATA: DE19534423A (September 16, 1995)

INT-CL (IPC): H02P001/46 , H02P006/20

EUR-CL (EPC): H02P001/46 , H02P007/622 , H02P006/00

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>A device to control the start-up and running of a single phase synchronous motor with a permanent magnet rotor has a sensor (10) to measure the rotor

magnetic field and means (11 to 13) for phase control which switch the AC source (14) according to the sensor signal. The magnetic field of the current generated by the voltage in at least one stator winding generate a torque on the rotor in the desired direction of rotation, whereby the size of the current is limited by the phase control to a given value. For start-up, the phase control components are disconnected and are reconnected after a delay time.